

# ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

УДК 616.314-073.524.001.53:544.23

*О. А. Удод, О. О. Помпій*

## ЛАБОРАТОРНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АРМОВАНОГО СКЛОВОЛОКНОМ ФОТОКОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ

Донецький національний медичний університет МОЗ України, м. Лиман, Україна

### Актуальність

Для відновлення цілісності зубних рядів із малими включеними дефектами використовують адгезивні мостоподібні протези (АМП). Для забезпечення потрібної жорсткості та міцності в конструкцію включають армувальні елементи, які виготовляють із металів або скловолоконних систем [1]. Очевидна перевага застосування АМП – щадний підхід до опорних зубів, зокрема значно менше їх препарування в порівнянні з традиційним препаруванням зубів під штучні коронки під час виготовлення мостоподібних протезів. Об'єм видалених твердих тканин при препаруванні зуба під опорні елементи АМП становить приблизно 5,09%, препарування під вкладки призводить до втрати близько 15,52% об'єму твердих тканин опорного зуба, під литі й комбіновані коронки – 44,27%, останній показник у 8,7 раза більший, ніж у разі підготовки опорних зубів під АМП [1].

Одним з ускладнень при відновленні цілісності зубних рядів за допомогою АМП, виготовлених прямим методом, стає порушення їх фіксації. Фіксація таких конструкцій відбувається за рахунок адгезивного зв'язку між фотокомпозиційним матеріалом, із якого виготовлено АМП, і твердими тканинами зубів, та макромеханічної ретенції, яку забезпечує дизайн ретенційних елементів у опорних зубах. Відомо, що жувальне навантаження під час уживання їжі в ділянці премолярів сягає приблизно 100 Н, а в ділянці молярів – 150 Н, натомість відповідні фізико-механічні характеристики сучасних фотокомпозиційних матеріалів і скловолоконних систем, зокрема твердість, згідно з даними фірмовиробників значно перевищують ці показники [2]. Таким чином, АМП, виготовлені з таких матеріалів, мають витримувати потужне навантаження й ефективно функціонувати. Однак жувальне навантаження циклічне, а не статичне, діє протя-

гом тривалого часу, що призводить до руйнування АМП або порушення їх фіксації [3]. Саме тому нині увага прикута до дизайну опорних порожнин, який впливає на макромеханічну ретенцію АМП і дозволяє створити достатній запас міцності для тривалої експлуатації цих конструкцій.

Запропоновано кілька варіантів препарування опорних елементів для виготовлення АМП, серед яких площинне препарування оральних поверхонь опорних зубів, вертикальні пропили, виконані паралельно до поздовжньої осі опорних зубів, традиційне препарування ящикоподібних порожнин із дотриманням принципів Блека тощо [4; 5]. В іноземних дослідженнях частіше рекомендують дотримуватися «класичних» принципів формування опорних порожнин, препарувати порожнини ящикоподібної форми з мінімальною конусністю осьових стінок, із присясною стінкою, розташованою над пришийковою третиною зуба [3; 5; 6]. Також відома думка, що найміцнішим опорним елементом є вкладка в порожнині типу МОД для премолярів і типу МО для молярів [7]. Отже, незважаючи на багаторічну історію АМП, так і не сформовано єдиного погляду на оптимальний дизайн ретенційних елементів для фіксації АМП на опорних зубах, завдяки якому було б можливо забезпечити зменшення кількості ускладнень у вигляді порушення фіксації.

**Мета дослідження** – у лабораторних умовах вивчити вплив дизайну опорних елементів адгезивних мостоподібних протезів на механічну міцність фіксації фотокомпозиційного матеріалу, армованого скловолоконною стрічкою і балкою, до твердих тканин зубів.

### Матеріали і методи

Дослідження було проведено на 20 лабораторних зразках, які виготовляли за відповідною методикою. Видалені інтактні нижні треті моляри розпилювали навіпіл у трансверзальному напря-

мку на два фрагменти. Кожний фрагмент фіксували у швидкотвердіючій пластмасі таким чином, щоб апроксимальна поверхня фрагмента видаленого зуба була припіднята на 2 мм над рівнем пластмаси, при цьому поверхня емалі у вигляді кола діаметром 4-5 мм була вільною. Зразки поділили на 2 групи по 10 у кожній. У зразках I групи препарували апроксимальну поверхню фрагмента зуба у вигляді ящикоподібної порожнини із закругленими кутами і мінімальною конусністю вертикальних стінок із такими параметрами: довжина – 3 мм, ширина – 3 мм, глибина – 2 мм. Опорні порожнини в зразках II групи препарували за запропонованим способом. Після виконання класичної ящикоподібної порожнини з параметрами: довжина – 3 мм, ширина – 3 мм, глибина – 2 мм, створювали додаткові ретенційні елементи у вигляді занурень, розташованих у нижній третині кожної з вертикальних стінок порожнин за допомогою спеціальних маркірувальних борів із висотою та товщиною робочої частини по 1 мм.

В усіх зразках стінки і дно відпрепарованих порожнин у фрагментах видалених зубів обробляли гелем для протравлення з наступним ретельним промиванням водою, висушуванням і нанесенням відповідно до інструкції фірми-виробника адгезивної системи, яку полімеризували світловим потоком стоматологічного фотополімеризатора. Приясенну стінку відпрепарованих порожнин покривали тонким шаром текучого фотокомпозиту «Filtek Ultimate Flowable» («3M ESPE») і вкладали в нього скловолоконну стрічку «Interlig» («Angelus») у напрямку, паралельному приясенній стінці, наносили другий шар текучого фотокомпозиту і в нього над стрічкою встановлювали скловолоконну балку «Jen-FiberBulk» («Jendental») у тому ж напрямку. Довжина скловолоконних армувальних елементів складала 5 мм, при цьому їх частина, зокрема 2 мм, знаходилася всередині відпрепарованої порожнини, а інша частина (3 мм) виступала над поверхнею емалі. З фотокомпозиційного матеріалу «Filtek Ultimate Flowable» («3M ESPE») на поверхні фрагмента твердих тканин зуба навколо виступаючих армувальних елементів моделювали циліндр висотою 3 мм і діаметром 3 мм. Для отримання ідентичних циліндрів у моделюванні використовували силіконову форму з отвором, який мав зазначені параметри. Після моделювання проводили світлову полімеризацію фотокомпозиційного матеріалу.

Для визначення міцності фіксації фотокомпозиційного матеріалу, армованого скловолоконною стрічкою і балкою, у фрагменті твердих тканин зубів із різним дизайном опорних елементів використовували розроблений пристрій для дослідження максимального руйнівного навантаження зразків методом зсуву, який містить прямокутний металевий елемент, що має Г-подібні відростки з напрямними пазами, якими рухається навантажувальна пластина товщиною 3 мм, тобто такою, що відповідає висоті фотокомпози-

ційних циліндрів, сформованих на зразках. У центральній частині пристрою створено наскрізний отвір, в якому фіксується зразок, виготовлений із швидкотвердіючої пластмаси з фрагментом зуба. Пристрій фіксували в затискачах і встановлювали на рухомому столі випробувальної машини TIRATEST-2151. Навантаження прикладали перпендикулярно до поздовжньої осі циліндра з фотокомпозиційного матеріалу шляхом вертикального переміщення рухомого стола машини. Швидкість переміщення рухомого стола була фіксованою і складала 5 мм/хв відповідно до ГОСТ 31574-2012 [8]. Зусилля руйнівного навантаження вимірювали за допомогою динамометра, встановленого у випробувальній машині, з точністю до 0,1 Н. Крім того, визначали питому міцність зразків як відношення руйнівного навантаження до площі поверхні руйнування чи відриву, та запас міцності як відношення руйнівного навантаження до середнього значення жувального навантаження в ділянці молярів, прийнятого за 150 Н. Для статистичного аналізу використовували програмне забезпечення STATISTIKA 10.

### Результати дослідження та їх обговорення

За результатами лабораторного дослідження міцності фіксації фотокомпозиційного матеріалу, армованого скловолоконною стрічкою і балкою, до твердих тканин зубів із різним дизайном опорних елементів було встановлено, що показники максимального руйнівного навантаження і питомої міцності різних груп зразків вірогідно відрізнялися ( $p < 0,01$ ). Показники руйнівного навантаження зразків I групи коливалися від 576,5 Н до 835,9 Н і складали, у середньому,  $771,8 \pm 90,1$  Н. Натомість руйнівне навантаження для зразків II групи складало від 2425,0 Н до 2999,0 Н із середнім показником  $2805,9 \pm 191,4$  Н. Таким чином, показники зразків II групи мали майже в 4 рази більші значення максимального руйнівного навантаження, ніж показники зразків I групи.

Показники питомої міцності фіксації фотокомпозиту до твердих тканин опорних зубів також були вищими в зразків II групи, їхні значення коливалися від  $341,1 \text{ Н/мм}^2$  до  $421,8 \text{ Н/мм}^2$  із середнім значенням  $394,5 \pm 26,8 \text{ Н/мм}^2$ , натомість у зразків I групи ці показники були в межах від  $23,1 \text{ Н/мм}^2$  до  $33,4 \text{ Н/мм}^2$  і складали, в середньому,  $28,6 \pm 3,3 \text{ Н/мм}^2$ , тобто були в 14 разів меншими, ніж показники зразків II групи.

Отже, показники міцності фіксації фотокомпозиційного матеріалу, армованого скловолоконною стрічкою і балкою, до твердих тканин зубів у зразках обох груп значно перевищують значення одномоментного жувального навантаження, що виникає під час їди в бічних ділянках зубних рядів. Однак для надійного функціонування АМП мусять мати великий запас міцності, який дозволить протидіяти циклічному навантаженню, що впливає на ортопедичну конструкцію протягом тривалого терміну експлуатації. Для визначення запасу міцності зразків обох груп використовували

вали відношення максимального руйнівного навантаження до середнього жувального навантаження в ділянці молярів. Так, середній коефіцієнт запасу міцності для зразків I групи дорівнював 5, для зразків групи II – 19, тобто останній показник перевищував попередній майже в 4 рази, що свідчить про більшу надійність фіксації конструкцій із запропонованим дизайном препарування опорних порожнин.

Під час дослідження місця руйнування зразків I групи встановлено, що у всіх зразках цієї групи відбувався відрив циліндра, армованого скловолоконною стрічкою і балкою, від місця з'єднання з фрагментом твердих тканин зуба разом із фотокомпозиційним матеріалом, що заповнював опорну порожнину, тобто по лінії адгезивного з'єднання. Таким чином, можна констатувати, що за використання зазначеного варіанта препарування порожнин вплив чинника макромеханічної ретенції стає мінімальним, а фіксація фотокомпозиційного матеріалу відбувається лише за рахунок адгезивного зв'язку. Такий тип руйнування свідчить про несприятливий дизайн ретенційних елементів, які не здатні витримувати жувальне навантаження тривалий час.

У зразках II групи визначали переломи всередині самих фотокомпозиційних циліндрів, лінія яких проходила під кутом до поверхні фрагментів твердих тканин зубів, при цьому в усіх зразках зберігалася цілісність реставрованих ретенційних елементів. Крім того, руйнування зразків відбувалося двома етапами: на першому визначали відшарування фотокомпозиційного матеріалу від армувальних скловолоконних елементів, на другому – перелом армувальних стрічки і балки, тобто руйнування відбувалося внаслідок недостатніх фізико-механічних характеристик фотокомпозиційного матеріалу й армувальних скловолоконних елементів, а не порушення їх фіксації до ретенційних елементів. Таким чином, створення додаткових ретенційних елементів збільшує міцність фіксації армованого фотокомпозиційного матеріалу не тільки за рахунок покращення макромеханічної ретенції, а і внаслідок збільшення площі адгезивного з'єднання між фотокомпозитом та твердими тканинами зубів.

### Висновок

За результатами проведення лабораторного дослідження встановлено, що зразки II групи із запропонованим дизайном ретенційних елементів мали вищі характеристики міцності фіксації до твердих тканин зубів, ніж зразки I групи з «класичною» ящикоподібною формою опорних порожнин. Руйнування зразків II групи відбувалося при значному навантаженні, яке суттєво перевищує таке в клінічних умовах, і на відстані від ретенційних елементів, створених за запропонованим дизайном, тобто внаслідок недостатніх фізико-механічних параметрів фотокомпози-

ційного матеріалу й армувальних скловолоконних елементів. Використання запропонованого варіанта препарування ретенційних елементів дозволить знизити ризики порушення фіксації та покращити прогноз щодо тривалої експлуатації адгезивних мостоподібних протезів, виготовлених прямим методом.

### Перспективи подальших досліджень

Буде проведено клінічну оцінку стану адгезивних мостоподібних протезів, виготовлених прямим методом із різним дизайном ретенційних елементів, та аналіз результатів довгострокових клінічних досліджень задля визначення оптимальної конструкції для заміщення невеликих включених дефектів зубних рядів у бічному відділі.

### Література

1. Пономаренко О. Адгезивные мостовидные конструкции боковых зубов. Часть II / О. Пономаренко // ДентАрт. – 2012. – №3. – С. 10-21.
2. Левкин А. В. Современные требования к стоматологическим композиционным материалам, применяемым для постоянных пломб / А. В. Левкин, В. М. Гринин // International Dental Review. – 2013. – №4. – С. 68-69.
3. Ahmad N. Posterior resin bonded fixed dental prosthesis – A case report / N. Ahmad, T. Bashir, A. Khan // Bangladesh Journal of Dental Research and Education. – 2015. – Vol.5, №1. – P. 26-28.
4. Гришин С. Ю. Восстановление единичных включенных дефектов зубного ряда адгезивными мостовидными протезами с армированием стекловолокном / С. Ю. Гришин, С. Е. Жолудев // Стоматолог. – 2007. – №2. – С. 40-44.
5. Muhamad A. Single visit replacement of central maxillary using fiber-reinforced composite resin / A. Muhamad, A. Azzaldeen, W. Nezar // Journal of Dental and Medical Sciences. – 2017. – Vol.16, issue 3. – P. 69-74.
6. Vijaywargiya N. Replacing of missing teeth and restoration of endodontically treated teeth using fiber-reinforced composite resin / N. Vijaywargiya, S. G. Saha, M. Verma, M. K. Saha // International Journal of Preventive and Clinical Dental Research. – 2017. – №4. – P. 1-5.
7. Соколова И. В. Замещение включенных дефектов зубных рядов волокно-композитными адгезивными мостовидными протезами с опорой на вкладки. Клинико-лабораторные исследования: автореф. дис. на соискание науч. степ. канд. мед. наук: спец. 14.00.21 «Стоматология» / И. В. Соколова. – Тверь, 2007. – 22 с.
8. Материалы стоматологические полимерные восстановительные. Технические требования. Методы испытаний. Межгосударственный стандарт (ISO 11405:1994, NEQ): ГОСТ 31574-2012. [Действует с 2015-01-01]. — М.: Стандартинформ, 2013. — С. 34-39.

Стаття надійшла  
15.02.2019 р.

### Резюме

Представлено результати лабораторного дослідження впливу дизайну опорних елементів адгезивних мостоподібних протезів на механічну міцність фіксації фотокомпозиційного матеріалу, армованого скловолоконною стрічкою і балкою, до твердих тканин зубів. Установлено, що зразки, які склалися з армувального фотокомпозиту і фрагмента зуба із запропонованим дизайном ретенційних елементів, що включав додаткові занурення у вертикальних стінках порожнин, мали вищі характеристики міцності фіксації до твердих тканин, ніж зразки з ящикоподібною формою порожнин без додаткових ретенційних елементів.

**Ключові слова:** адгезивні мостоподібні протези, фотокомпозит, армувальні й опорні елементи, міцність фіксації.

### Резюме

Представлены результаты лабораторного исследования влияния дизайна опорных элементов адгезивных мостовидных протезов на механическую прочность фиксации фотокомпозиционного материала, армированного стекловолоконной лентой и балкой, к твердым тканям зубов. Установлено, что образцы, состоящие из армирующего фотокомпозита и фрагмента зуба с предложенным дизайном ретенционных элементов, включающим дополнительные углубления в вертикальных стенках полостей, имели более высокие характеристики прочности фиксации к твердым тканям, чем образцы с ящikovидной формой опорных полостей без дополнительных ретенционных элементов.

**Ключевые слова:** адгезивные мостовидные протезы, фотокомпозит, армирующие и опорные элементы, прочность фиксации.

UDC 616.314-073.524.001.53:544.23

## LABORATORY STUDY OF STRENGTH CHARACTERISTICS GLASS-FIBER REINFORCED LIGHT-CURED COMPOSITE

*O. A. Udod, O. O. Pompiy*

Donetsk National Medical University, Liman, Ukraine

### Summary

**Abstract.** Resin-bonded bridges (RBB), which are made by the direct method are widely used to restore the integrity of the dentition. There is no common opinion regarding the optimal design of the retention elements of such prosthetics.

**Purpose is** to study the influence of the design RBB supporting elements on the mechanical strength of fixing light-cured composite material, reinforced with glass-fiber tape and bulk, to the hard tissues of the teeth in laboratory conditions.

**Materials and methods.** The study was conducted on 20 laboratory samples. Extracted intact lower third molars were sprayed into halves in a transverse direction on two fragments. Each of the fragments was fixed in fast-hardening plastic so that the contact surface of the fragment of the removed tooth stood 2 mm above the plastic level, with the surface of the enamel, which was a circle, with a diameter of 4-5 mm, and was free. Samples were divided into 2 groups of 10 in each. In samples of group I, the preparation of an approximate surface of a tooth fragment was made in the form of a box-shaped cavity with rounded corners and a minimal concavity of vertical walls with the following parameters: length - 3 mm, width - 3 mm, depth - 2 mm. Reference cavities in the samples of the second group were prepared according to the proposed method, after preparation of the classical box-shaped cavity with parameters: length - 3 mm, width - 3 mm, depth - 2 mm, created additional retention elements in the form of dives located in the lower third each of the vertical walls of the cavities using special marking burs with height and thickness of the working part by 1 mm.

In order to determine the strength of the light-cured composite fixation, reinforced by glass-fiber tape and bulk, developed device for investigating the maximum destructive loading of the samples by the shear method was used. The destructive load was measured using a dynamometer installed in the test vehicle to within 0.1 N. In addition, the specific strength of the samples was determined as the ratio of the destructive load to the surface area of the fracture or separation, and the safety margin, as the ratio of the destructive load to the mean the value of the chewing load in the area of molars taken for 150 N.

**Results and discussion.** During conducting of the laboratory study of fixation strength of light-cured composite, reinforced by glass-fiber tape and bulk, to solid teeth tissues with different design retention elements there were found that the maximum destructive load and specific strength of the different sample groups were significantly different ( $p < 0,01$ ). Indicators of destructive loading of samples of the 1st group were ranged from 576.5 N to 835.9 N and amounted to an average of  $771.8 \pm 90.1$  N. At the same time, the destructive loading for samples of the II group was from 2425.0 N to 2999.0 N with an average of  $2805.9 \pm 191.4$  N. Thus, the samples of the second group had almost 4 times the magnitude of the maximum destructive load than the values of group I samples.

The indexes of the specific strength of light-cured composite fixing to the hard tissues of the supporting teeth were also higher in the samples of the second group, their values were ranged from 341.1 N / mm<sup>2</sup> to 421.8 N / mm<sup>2</sup> with an average value of 394.5±26.8 N/mm<sup>2</sup>. In samples from Group I, these figures were ranged from 23.1 N/mm<sup>2</sup> to 33.4 N/mm<sup>2</sup> and amounted to 28.6±3.3 N/mm<sup>2</sup> on average, they were 14 times smaller than II group indicators.

**Conclusion.** As a result of the laboratory study, it was found that samples of the second group with the proposed design of retention elements had higher characteristics of the strength of fixation to the hard teeth tissues than those of group I with the "classic" box-shaped form of retention cavities. Destruction of samples of the second group occurred at a significant load that greatly exceeded that which occurred in clinical conditions and at a distance from the retention elements, created according to the proposed design, due to insufficient physical and mechanical parameters of the light-cured composite and reinforcing fiberglass elements. The use of the proposed preparation option will reduce the risk of failure of the fixation and improve the prognosis for the long-term exploitation of resin-bonded bridges made by direct method.

**Key words:** resin-bonded bridges, light-cured composite, reinforcing and retention elements, strength of fixation.